



12

## Gebrauchsmuster

U1

- (11) Rollennummer 295 05 775.0
- (51) Hauptklasse G02B 21/22  
Nebenklasse(n) A61B 19/00
- (22) Anmeldetag 04.04.95
- (47) Eintragungstag 01.06.95
- (43) Bekanntmachung  
im Patentblatt 13.07.95
- (30) Pri 22.04.94 DE 94 06 767.8
- (54) Bezeichnung des Gegenstandes  
Optisches System variabler Schnittweite
- (73) Name und Wohnsitz des Inhabers  
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

Optisches System variabler Schnittweite

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches System variabler Schnittweite, das insbesondere für Operationsmikroskope geeignet ist. Hierbei ist ein einzelnes Hauptobjektiv fester Schnitt- und Brennweite vorgesehen, dem zwei Linsengruppen in den beiden stereoskopischen Beobachtungsstrahlengängen nachgeordnet sind. Mindestens eine dieser beiden Linsengruppen ist zur definierten Einstellung der Schnittweite des gesamten optischen Systems entlang der optischen Achse des jeweiligen stereoskopischen Beobachtungsstrahlenganges verschiebbar angeordnet. Ferner ist das verschiebbare Element gleichzeitig synchronisiert senkrecht zur optischen Achse beweglich angeordnet.

Ein derartiges optisches System kommt beispielsweise in Operationsmikroskopen zum Einsatz, die neben dem Hauptbeobachter-Tubus einen zweiten Mitbeobachter-Tubus besitzen, wie z.B. in der Deutschen Patentanmeldung P 43 31 635.2 der Anmelderin beschrieben.

Wird für den Mitbeobachter eine vom Hauptbeobachter unabhängige Fokussierungsmöglichkeit gefordert, so kann das prinzipiell durch Verschieben einer Linsengruppe im Mitbeobachtertubus erfolgen. Wird im Mitbeobachter-Tubus gemäß der P 43 31 635.2 die Fokussierung für den Mitbeobachter durch Verschieben eines der optischen Elemente der beiden vorgesehenen Linsengruppen vorgenommen, so resultiert bei stereoskopischer Betrachtung jedoch ein seitliches Auswandern der Zwischenbilder in der Zwischenbildebene, wenn keine anderweitigen korrigierenden Maßnahmen ergriffen werden.

Liegt die vom Mitbeobachter betrachtete Sehfeld-Ebene oberhalb der Fokusebene des Hauptoperators, so bewegen sich die betrachteten Zwischenbilder nach innen aufeinander zu, was dann eine konvergente Augenstellung des Mitbeobachters erfordert.

04.04.95

Bei vom Mitbeobachter betrachteten Ebenen unterhalb der Hauptbeobachter-Fokusebene, wandern die Zwischenbilder nach außen, d.h. voneinander weg, und es ergibt sich eine erforderliche divergente Augenstellung für den Mitbeobachter.

Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Problems ist nunmehr beispielsweise in der Deutschen Patentschrift DE 40 12 552 dargestellt, wo synchron zur Fokussierung drehbare Drehkeilpaare in den stereoskopischen Teilstrahlengängen vorgesehen werden, um das Auswandern von Zwischenbildern in den stereoskopischen Teilstrahlengängen zu kompensieren.

Desweiteren ist aus der DE 32 02 075 der Anmelderin bekannt, im gattungsgemäßen optischen System die erste Linsengruppe, die dem Hauptobjektiv nachgeordnet wird, senkrecht zur optischen Achse zu versetzen, um durch die mit der Fokussierung synchronisierte Lateralbewegung den resultierenden Zwischenbild-Versatz zu kompensieren.

Eine weitere Lösung für das oben aufgezeigte Problem wird nunmehr durch die vorliegende Erfindung gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen.

Die erfindungsgemäße Lösung des erwähnten Problems gestattet nunmehr auch bei der erfolgenden Fokussierung mittels einer der beiden Linsengruppen im optischen System stets eine einwandfreie stereoskopische Betrachtung des Objektes.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten des erfindungsgemäßen optischen Systems ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beiliegenden Figuren.

295057 75

04.04.95

Dabei zeigt

- Figur 1 eine schematisierte Darstellung eines Operationsmikroskopes in einer Seitenansicht, bei dem das erfindungsgemäße optische System im Mitbeobachtertubus angeordnet ist;
- Figur 2 eine schematisierte Darstellung mit den einzelnen Elementen des erfindungsgemäßen optischen Systems inklusive der Strahlengänge in zwei verschiedenen Fokussier-Stellungen;
- Figur 3 den mechanisch-konstruktiven Aufbau einer vorteilhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in einer schematisierten, perspektivischen Darstellung;
- Figur 4 eine Teil-Darstellung einer vorteilhaften Ausführungsform des optischen Systems im Mitbeobachtertubus mit den in Tabelle 1 verwendeten Bezeichnungen für die entsprechenden Radien und Abstände.

Figur 1 zeigt eine schematisierte Darstellung eines Operationsmikroskopes mit optisch-mechanisch gekoppelten Beobachtertuben in einer Seitenansicht. In den stereoskopischen Beobachtungs-Strahlengängen des Mitbeobachtertubus (1) ist dabei das erfindungsgemäße optische System angeordnet. Der prinzipielle Aufbau des dargestellten Operationsmikroskopes entspricht im wesentlichen dem Aufbau des Operationsmikroskopes aus der bereits zitierten Patentanmeldung P 43 31 635.2 der Anmelderin.

Die vom Objekt kommenden und ein gemeinsames Hauptobjektiv (3) durchsetzenden stereoskopischen Beobachtungsstrahlengänge von Haupt- und Mitbeobachter werden durch ein Prisma (4) in Richtung der Beobachtungstuben (2, 1) von Haupt- und Mitbeobachter umgelenkt bzw. aufgeteilt. Zwischen den Okulartuben (1.1, 2.1) von Haupt- und Mitbeobachter-Beobachtungstubus (1, 2) und dem Prisma (4) ist jeweils eine Vergrößerungswechsel-Einrichtung (2.2, 1.2) angeordnet, die wahlweise

<sup>3</sup>  
295057 75

04.04.95

unabhängig einstellbare Vergrößerungen für den Haupt- und Mitbeobachter bietet. Die beiden Okulartuben (1.1, 2.1) können desweiteren drehbar gelagert angeordnet sein.

Das erfindungsgemäße optische System besteht aus dem Hauptobjektiv (3) mit fester Brennweite und den zwei, im Mitbeobachtertubus (1) angeordneten Linsengruppen (5a, 6a). Von den beiden stereoskopischen Beobachtungsstrahlengängen im Mitbeobachtertubus (1) ist in der Darstellung von Fig. 1 lediglich ein stereoskopischer Beobachtungsstrahlengang sichtbar.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel gehört neben dem Hauptobjektiv (3) fester Brennweite ausgehend vom Prisma (4) ein erstes sammelndes optisches Element (5a) in Form eines Kittgliedes sowie ein zweites sammelndes optisches Element (6a), ebenfalls ausgeführt als Kittglied, zum erfindungsgemäßen optischen System. Die Kittglieder sind dabei als Achromate ausgeführt, die separat für sich jeweils farbkorrigiert wurden. Während in der zitierten DE 32 02 075 der Anmelderin ein Korrektur des gesamten optischen Systemes erfolgte, wird im Gegensatz hierzu nunmehr jedes einzelne optische Element (6a) für sich in bekannter Weise für die verschiedenen Abbildungsfehler korrigiert. Dadurch wird gewährleistet, daß sich insbesondere beim erfolgenden Dezentrieren der jeweiligen optischen Elemente zur Fokussierung die Bildqualität für den Beobachter nicht verschlechtert.

Die Fokussierung durch den Mitbeobachter erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel durch Verschieben der zweiten Linsengruppe (6a) entlang der optischen Achse des jeweiligen stereoskopischen Beobachtungsstrahlenganges. Die beiden Linsengruppen in den stereoskopischen Teilstrahlengängen werden dabei selbstverständlich synchronisiert miteinander verschoben.

Prinzipiell kann eine Fokussierung alternativ auch durch eine definierte Verschiebung der ersten Linsengruppe (5a) realisiert werden.

295057 75

Die erste Linsengruppe (5a) des erfindungsgemäßen optischen Systems im Mitbeobachter-Beobachtungstubus (1) liefert jeweils ein Zwischenbild in den beiden stereoskopischen Beobachtungsstrahlengängen. Dabei wird die Soll-Fokusebene (20) des Hauptobjektives (3) in die Zwischenbildebene (7) abgebildet. Ebenen unter- oder oberhalb der Soll-Fokusebene (20) des Hauptobjektives (3) werden hingegen vor oder hinter der Zwischenbildebene (7) mit dem entsprechenden Lateralversatz abgebildet.

Beim Fokussieren auf die Zwischenbildebene (7) durch Verschieben der zweiten Linsengruppe (6a) wird der bereits oben beschriebene Lateral-Versatz der Zwischenbilder durch ein mit der axialen Verschiebewegung synchronisiertes laterales Versetzen der zweiten Linsengruppe (6a) kompensiert. Eine vorteilhafte Ausführungsform einer geeigneten Verschiebe-Einrichtung wird anhand von Fig. 3 beschrieben.

Im Mitbeobachter-Beobachtungstubus (1) ist desweiteren ein - schematisch dargestelltes - Umlenkelement (8) angeordnet, das die vom Objekt kommenden Strahlen in die Richtung der Okulartuben (1.1) umlenkt. Hierfür kommt vorteilhafterweise ein Pentaprisma mit Dachkante in Frage.

Ferner umfaßt das Operationsmikroskop eine Beleuchtungseinrichtung (9) mit Lichtquelle, optischen Elementen und geeigneten Umlenkelementen, die in Fig. 1 jeweils lediglich schematisiert angedeutet sind.

In Figur 2 ist das erfindungsgemäße optische System mit den optischen Komponenten und den Strahlengängen in zwei verschiedenen Fokussierstellungen dargestellt, wobei für die gleichen Komponenten wie in Fig. 1 identische Bezugszeichen verwendet werden.

Das erfindungsgemäße optische System umfaßt das von beiden stereoskopischen Teil-Strahlengängen gemeinsame genutzte Haupt-

objektiv (3) sowie die in den stereoskopischen Beobachtungsstrahlengängen nachgeordneten Linsengruppen-Paare (5a, 5b; 6a, 6b). Die Strahlengänge sind hierbei nicht maßstabsgetreu wiedergegeben, d.h. zwischen dem Hauptobjektiv (3) und den nachgeordneten Linsengruppen-Paaren (5a, 5b; 6a, 6b) sind üblicherweise noch Umlenkelemente etc. angeordnet, die aus Übersichtlichkeitsgründen jedoch nicht dargestellt wurden.

Wie durch die der zweiten Linsengruppe (6a, 6b) zugeordneten Pfeile angedeutet, ist eine definierte Wahl der Schnittweite des erfindungsgemäßen optischen Systems durch Verschieben jeweils dieser zweiten Linsengruppen (6a, 6b) entlang der optischen Achsen (10a, 10b) der stereoskopischen Teilstrahlengänge möglich.

Dargestellt ist in Figur 2 desweiteren der Beobachtungs-Strahlengang in durchgezogener Form für den Fall, daß vom Mitbeobachter auf die auch vom Hauptbeobachter beobachtete Ebene (20) fokussiert wird, sowie der Strahlengang in gestrichelter Form für den Fall, daß auf eine Ebene (30) fokussiert wird, die oberhalb der Hauptbeobachter-Fokusebene (20) liegt. Entsprechend den gestrichelt dargestellten Strahlengängen resultiert im letztgenannten Fall für den Mitbeobachter ein Auswandern der Zwischenbilder in der Zwischenbildebene (7) in den stereoskopischen Beobachtungsstrahlengängen nach außen, d.h. voneinander weg.

Fokussiert wird im dargestellten Ausführungsbeispiel mit Hilfe der verschiebbar angeordneten zweiten Linsengruppe (6a, 6b) in den stereoskopischen Teilstrahlengängen.

Das beschriebene Auswandern des Zwischenbildes für den Mitbeobachter wird erfindungsgemäß nunmehr kompensiert, indem diejenige Linsengruppe, mit der fokussiert wird, d.h. im dargestellten Ausführungsbeispiel mit der zweiten Linsengruppe (6a, 6b), beim Verschieben entlang der optischen Achse (10a, 10b) synchronisiert um einen definierten Betrag seitlich versetzt wird. Dieses Versetzen erfolgt erfindungsgemäß dabei

durch die Rotation dieser Linsengruppe (6a, 6b) um eine Achse, die parallel zur optischen Achse (10a, 10b) des stereoskopischen Teilstrahlenganges orientiert ist. Die Orientierung dieser Achse ist in der folgenden Figur 3 dargestellt.

Dort wird eine geeignete Versetz-Vorrichtung bzw. der prinzipielle mechanisch-konstruktive Aufbau einer vorteilhaften Ausführungsform schematisiert dargestellt.

Die beiden Linsengruppen (6a, 6b) zur Fokussierung sind hierbei in rechteckförmigen Linsenfassungen (11a, 11b) angeordnet, die entlang von Führungsstangen (12a, 12b) definiert verschiebbar entlang der optischen Achsen (10a, 10b) sind. Desweiteren sind die Linsenfassungen (11a, 11b) und damit auch die Linsengruppen (6a, 6b) jeweils drehbar um die Führungsstangen (12a, 12b) gelagert, was durch die entsprechenden Pfeile in Fig. 3 angedeutet wird. Die Drehachsen, um die die Linsenfassungen (11a, 11b) bzw. die Linsengruppen (6a, 6b) drehbar angeordnet sind und die mit den Führungsstangen-Längsachsen zusammenfallen, sind hierbei parallel zu den optischen Achsen (10a, 10b) der stereoskopischen Teilstrahlengänge orientiert.

Desweiteren umfaßt die Versetz-Vorrichtung selbstverständlich ein geeignetes - nicht dargestelltes - Betätigungselement, mit dem der Beobachter die gewünschte Fokussierung vornimmt. Alternativ ist es auch möglich, die Fokussierung motorisch über geeignete Schrittmotoren vorzunehmen.

Zwischen den Linsenfassungen (11a, 11b) ist im Gehäuse des Mitbeobachter-Tubus ferner ein Keil (13) angeordnet. Die Linsenfassungen (11a, 11b) werden mit Hilfe einer gespannten Feder (14) so zusammengehalten, daß die Linsenfassungen (11a, 11b) immer in Kontakt mit dem dazwischen angeordneten Keil (13) sind. Anstelle der dargestellten Feder (14) kann jederzeit auch ein anderes geeignetes elastisches Element an dieser Stelle eingesetzt werden.



04.04.95

Werden die Linsenfassungen (11a, 11b) bzw. die entsprechenden Linsengruppen (6a, 6b) nunmehr entlang der optischen Achsen (10a, 10b) in einer Richtung zur Fokussierung verschoben, so resultiert über die dargestellte Versetzeinrichtung auch ein entsprechendes seitliches Versetzen der Linsengruppen (6a, 6b) relativ zu den optischen Achsen (10a, 10b) und damit die erforderliche Kompensation der Lateral-Bewegung des Zwischenbildes für den Mitbeobachter.

Die in Figur 3 dargestellte Versetzeinrichtung gewährleistet damit eine einfache mechanische Lösung des erwähnten Problems. Durch eine entsprechende geometrische Dimensionierung des Keils (13) und/oder der Linsenfassungen (11a, 11b) kann eine definierte Beziehung zwischen dem resultierenden Lateralversatz der Linsengruppen (6a, 6b) bei einem bestimmten Verschiebetrage entlang der optischen Achse (10a, 10b) leicht eingestellt werden.

Figur 4 zeigt eine Teil-Darstellung einer vorteilhaften Ausführungsform des optischen Systems im Mitbeobachtertubus mit den in der folgenden Tabelle 1 verwendeten Bezeichnungen für die entsprechenden Radien und Abstände.

Dem gemeinsam genutzten Hauptobjektiv (43) und dem Prisma (44) folgt nachgeordnet das erfindungsgemäße optische System im Mitbeobachter-Beobachtungstubus. Das Prisma (44) ist hierbei als zusammengesetztes Prisma mit einer in Richtung Mitbeobachter voll-reflektierenden Fläche ausgeführt, wie z.B. aus der EP 0 363 762 der Anmelderin bekannt.

In der Darstellung der Figur 4 ist wiederum nur der linke stereoskopische Teilstrahlengang sowie die entsprechend darin vorgesehenen optischen Elemente erkennbar.

Das erfindungsgemäße optische System umfaßt ein erstes, sammelndes optisches Element (45a), welches als Kittglied ausgeführt ist. Dem ersten Kittglied (45a) folgt nachgeordnet in der dargestellten Ausführungsform eine Feldlinse (49). Mit dem Bezugszeichen (47) wird die bereits oben erwähnte Zwischenbildebene bezeichnet. Betrachtungsseitig nachgeordnet

295057 75

04.04.95

ist das zweite, sammelnde optische Element (46a) vorgesehen, ebenfalls ausgeführt als zweiteiliges Kittglied. Im weiteren Verlauf des stereoskopischen Teilstrahlenganges folgt ein als Pentaprisma mit Dachkante ausgeführtes Umlenkelement (48) sowie die beiden Linsen (41.2a, 41.2b) des Galilei-Wechslers, d.h. Elemente der Vergrößerungswechsel-Einrichtung.

Wie bereits vorab ausgeführt ist es möglich, die zweite Linsengruppe (46a) in den stereoskopischen Teilstrahlengängen entlang der optischen Achsen (40) definiert zu verschieben, wobei gleichzeitig mit der axialen Verschiebewegung ein synchronisiertes laterales Versetzen erfolgt. Desweiteren sind sämtliche Kittglieder (45a, 46a) in den beiden stereoskopischen Teilstrahlengängen des erfindungsgemäßen optischen Systems als Achromate ausgeführt, die separat für sich bezüglich der Abbildungsfehler optimiert bzw. korrigiert sind.

Die optischen Daten einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen optischen Systems sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt. In der Tabelle 1 sind mit  $r_i$  die jeweiligen Krümmungsradien der Linsen bezeichnet, mit  $d_i$  die Abstände zwischen den optisch wirksamen Flächen sowie mit  $D_f$  die freien Durchmesser.

Die in Tabelle 1 verwendeten Bezeichnungen entsprechen hierbei den Bezeichnungen in Figur 4.

Ferner sind in der Tabelle 1 die jeweiligen Glassorten des aufgeführten Ausführungsbeispiels angegeben, wobei die Glassorten unter den angegebenen Handelsbezeichnungen bei der Firma *Schott Glaswerke, Mainz* zu beziehen sind.

04.04.95

TABELLE 1

Radius $r_i$ /mm	Dicke bzw. Abstand $d_i$ /mm	Fr. Durchm. $d_F$ /mm	Medium
$r_1=40.679$		11.000	
$r_2=28.184$	$d_2=3.000$	11.000	BK7
$r_3=80.584$	$d_3=2.500$	11.000	SF5
$r_4=\text{Plan}$	$d_4=55.800$	11.000	Luft
$r_5=64.938$	$d_5=2.700$	16.000	BK7
$r_6=83.536$	$d_6=63.900$	16.000	Luft
$r_7=26.607$	$d_7=3.000$	18.000	SF2
$r_8=38.681$	$d_8=5.000$	18.000	BK7

Das zweite optische Element (46a) ist innerhalb eines Bereiches  $\pm 1.8\text{mm}$  entlang der optischen Achse verschiebbar angeordnet, um die erwähnte Fokussierung unabhängig vom Hauptbeobachter zu ermöglichen. Ferner ist mit der erfolgenden Linearverschiebung eine laterale Versatzbewegung synchronisiert, wie oben beschrieben.

295057 75

04.04.95

TABELLE 1

Radius $r_i$ /mm	Dicke bzw. Abstand $d_i$ /mm	Fr. Durchm. $d_F$ /mm	Medium
$r_1=40.679$		11.000	
	$d_2=3.000$		BK7
$r_2=28.184$		11.000	
	$d_3=2.500$		SF5
$r_3=80.584$		11.000	
	$d_4=55.800$		Luft
$r_4=\text{Plan}$		16.000	
	$d_5=2.700$		BK7
$r_5=64.938$		16.000	
	$d_6=63.900$		Luft
$r_6=83.536$		18.000	
	$d_7=3.000$		SF2
$r_7=26.607$		18.000	
	$d_8=5.000$		BK7
$r_8=38.681$		18.000	

wobei mit  $r_i$  die jeweiligen Krümmungsradien der einzelnen optischen Komponenten bezeichnet sind, neben denen jeweils die freien Durchmesser  $d_F$  aufgeführt werden; mit  $d_i$  die Abstände zwischen den optisch wirksamen Flächen angegeben sind und das zweite optische Element (46a) innerhalb eines definierten Bereiches entlang der optischen Achse (40) verschiebbar angeordnet ist.

13  
295057 75

04.04.85

Ansprüche:

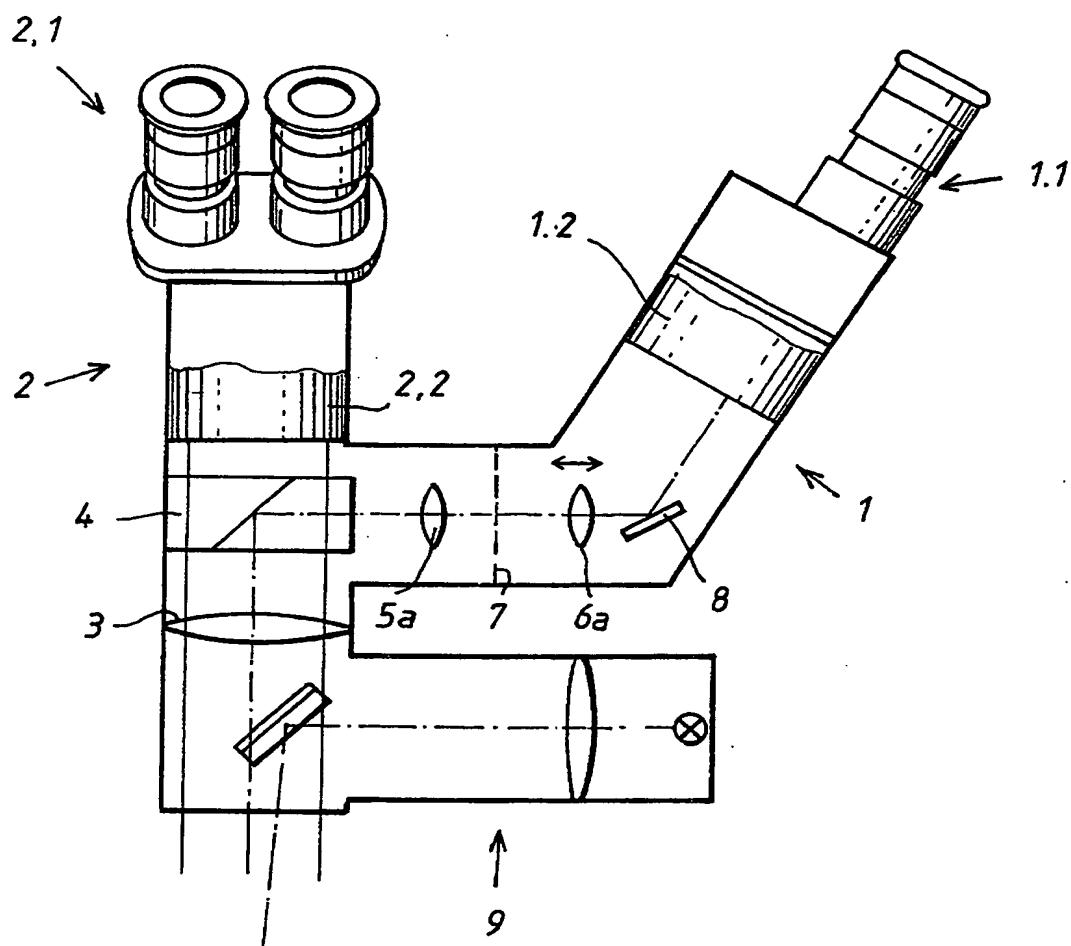
1. Optisches System variabler Schnittweite, insbesondere für Operationsmikroskope, mit einem Hauptobjektiv fester Brennweite und in den stereoskopischen Teilstrahlengängen nachgeordneten, entlang der optischen Achse verschiebbaren, mindestens zwei Linsengruppen zur variablen Schnitt- und Brennweitereinstellung, wobei beim Verschieben mindestens einer der beiden Linsengruppen in den stereoskopischen Teilstrahlengängen entlang der optischen Achse gleichzeitig ein synchronisiertes Versetzen senkrecht zur optischen Achse erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Linsengruppen (5a, 5b; 6a, 6b) in den stereoskopischen Teilstrahlengängen jeweils als Achromate ausgeführt sind, die jeweils separat für sich hinsichtlich der Abbildungsfehler korrigiert sind.
2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die senkrecht zur jeweiligen optischen Achse (10a, 10b) versetzbare Linsengruppe (6a, 6b) jeweils drehbar um eine Achse (12a, 12b) gelagert ist, die parallel zur jeweiligen optischen Achse (10a, 10b) des stereoskopischen Teilstrahlenganges orientiert ist.
3. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste, dem Hauptobjektiv nachgeordnete Linsengruppe (5a, 5b) jeweils fest in den stereoskopischen Teilstrahlengängen angeordnet ist, während die zweite Linsengruppe (6a, 6b) verschiebbar entlang der optischen Achse (10a, 10b) und senkrecht hierzu versetzbar angeordnet ist.
4. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß über die erste Linsengruppe (5a, 5b) eine Fokussierung des betrachteten Bildes in eine zwischen der ersten und der zweiten Linsengruppe (5a, 5b; 6a, 6b) liegende Zwischenbildebene (7) mit definierter Lage erfolgt.

11  
295057 75

5. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Verschieben entlang der jeweiligen optischen Achse (10a, 10b) die Linsengruppen (6a, 6b) entgegengesetzt synchron zueinander um die Achsen (12a, 12b) verdrehbar angeordnet sind, die parallel zur jeweiligen optischen Achse (10a, 10b) des stereoskopischen Teilstrahlenganges orientiert ist.
6. Optisches System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Linsengruppen (6a, 6b) in Linsenfassungen (11a, 11b) angeordnet sind und zwischen den Linsenfassungen (11a, 11b) in den beiden stereoskopischen Teilstrahlengängen ein Keil (13) angeordnet ist, der ständig in Kontakt mit beiden Linsenfassungen (11a, 11b) ist.
7. Optisches System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der ständige Kontakt zwischen den Linsenfassungen (11a, 11b) und dem Keil (13) über ein zwischen den Linsenfassungen (11a, 11b) unter Spannung angeordnetes elastisches Element (14) gewährleistet ist.
8. Optisches System nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Anordnung im Mitbeobachtertubus (1) eines Operationsmikroskopes.
9. Optisches System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Mitbeobachtertubus (1) ein Pentaprisma mit Dachkante als Umlenkelement (8) angeordnet ist.
10. Optisches System nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die in der folgenden Tabelle 1 aufgeführten optischen Daten:

04.04.95

FIG. 1



295057 75

04.04.95

FIG. 2

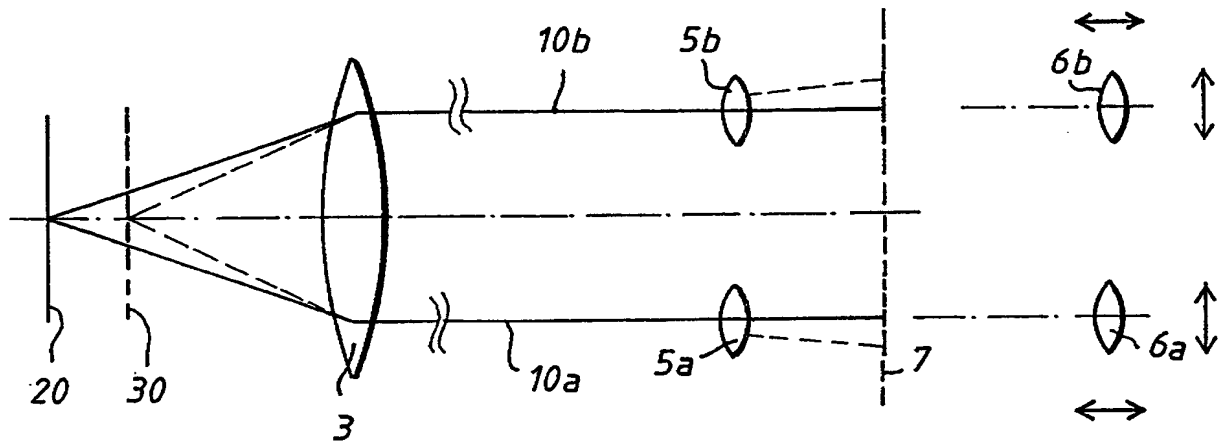
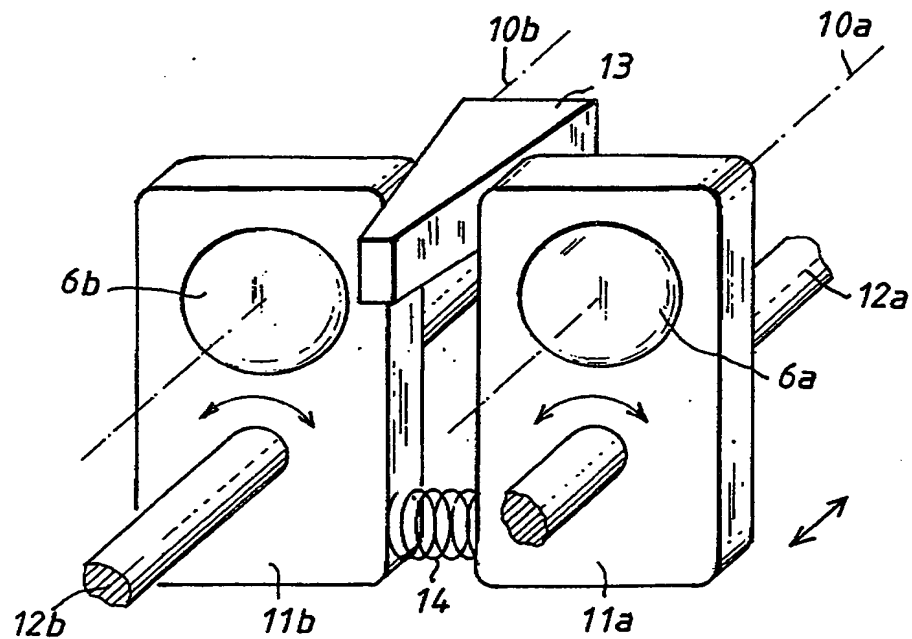


FIG. 3



295057 75



09.04.95

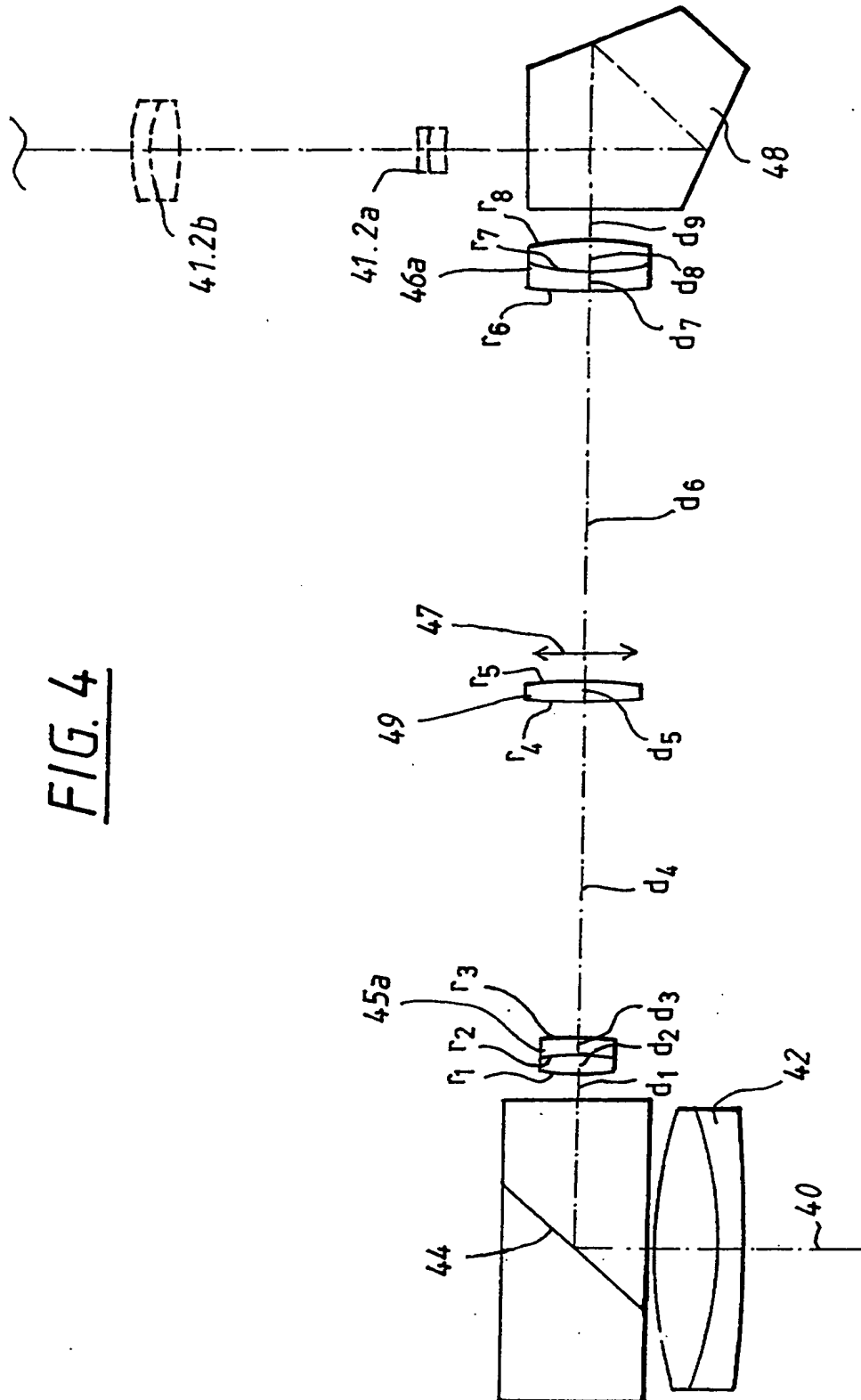


FIG. 4

205057 73

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**Utility Model [Registered Design]**

**U 1**

- (11) Roll Number 295 05 775.0
- (51) Main Class G02B 21/22  
Subclass(es) A61B 19/00
- (22) Application Date 4 April 1995
- (47) Registration Date 1 June 1995
- (43) Announcement in  
Patent Sheet 13 July 1995
- (30) Pri [?] 22 April 2004 DE 94 06 767.8
- (54) Designation of the Object  
Optical System of variable focal length
- (73) Name and Residence of the Patentholder  
Firm/Co. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[page 1]

Description:

Optical system of variable focal length

The invention submitted concerns an optical system of variable focal length which is suited especially for operation microscopes. In it, a simple main lens of fixed focal length and width is provided to which two lens groups in both stereomicroscopic observation light ray paths are adjoined. At least one of these two groups of lenses is designed to be moveable, for the specified setting of the focal length of the entire optical system, along the optical axis of each stereoscopic light ray path. Furthermore, the moveable element is simultaneously synchronized as moveable vertically to the optical axis.

Such an optical system is employed, for example, in operation microscopes which have, in addition to the main observer's tube, a second co-observer's tube, as e.g. described in the German Patent Application P 43 31 635.2 of the applicant.

If for the co-observer, a possibility of focusing independently of the primary observer is required, then that can be achieved in principle by moving a group of lenses in the co-observer's tube. If focusing is effected in the co-observer's tube according to P 43 31 635.2 for the co-observer by moving one of the optical elements of the two groups of lenses provided, then this results on stereoscopic viewing, however, in a sideways movement out of focus of the intermediate images in the plane of the intermediate image, if no corrective measures are employed.

If the viewing field plane seen by the co-observer lies above the focal plane of the primary observer, then the viewed intermediate images move inwardly toward each other, which then requires a convergent eye movement of the co-observer.

[page 2]

For planes viewed by the co-observer which lie below the focal plane of the primary observer, the intermediate images diverge to the outside, i.e., away from each other, and as a result this requires a divergent movement of the eyes for the co-observer. Now, one possibility for the solution of this problem is for example represented in the German Patent publication DE 40 12 552, where rotating pairs of wedges are provided for turning synchronically to focusing, in order to compensate for the divergence of the intermediate images in the stereoscopic partial light ray paths.

Furthermore, it is known from DE 32 02 075 of the applicant, that, in the optical system of this type, the first lens group adjoined to the primary lens is to be moved vertically to the optical axis, in order to compensate for the resulting intermediate image shift through the lateral movement synchronized with focusing.

A further solution to the problem pointed out above is now proposed / suggested by the invention submitted following Claim 1.

Advantageous features are found in the subsidiary claims.

The solution offered by the invention for the problem mentioned now allows always a faultless stereoscopic viewing of the object even/also during focusing, by means of one of the two lens groups in the optical system.

Further advantages as well as details of the invention's optical system ensue from the following description of the application examples with the included figures.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[page 3]

- Figure 1 shows a schematic representation of an operation microscope in a side view, in which the invention's optical system is arranged in the co-observer tube;
- Figure 2 shows a schematic representation with the individual elements of the invention's optical system including the light ray paths in two different focus settings;
- Figure 3 shows the mechanical-constructional set-up of an advantageous performance type of the invention concerned in a schematic, perspective representation;
- Figure 4 shows a partial representation of an advantageous performance type of the optical system in the co-observer tube with the indications used in Table 1 for the corresponding radii and distances.

Figure 1 shows a schematic representation of an operation microscope with optical-mechanically joined observation tubes in a side view. In the stereoscopic observation light ray paths of the co-observer tube (1), the invention's optical system is arranged. The principle construction of the represented operation microscope corresponds essentially to the construction of the operation microscope from the already cited patent application P 43 31 635.2 of the applicant.

The stereoscopic observation light ray paths viewed by primary and co-observer, coming from the object and passing through a common primary lens (3) are diverted and/or split by a prism (4) in the direction of the observation tubes (2, 1) of the primary and secondary observer. Between the eye-piece tubes (1.1, 2.1) of the main and secondary observation tubes (1, 2) and the prism (4), there is in each case a device for changing the magnification which alternatively/selectively [page 4] offers independently adjustable magnifications for the primary and secondary observer. Both eye-piece tubes (1.1, 1.2) can furthermore be arranged to rotate.

The invention's optical system consists of the primary lens (3) with fixed focal width and the two groups of lenses (5a, 6a) arranged in the co-observer tube (1). Of the two stereoscopic observation light ray paths in the co-observer tube (1), only one stereoscopic observation light ray path is visible.

In the represented application example, in addition to the primary lens (3) of fixed focal width and extending outward from the prism (4), a first collecting optical element (5a) in the form of a doublet, as well as a second collecting optical element (6a), also represented as a doublet, belong to the invention's optical system. The doublets are designed as achromatics, each of which were separately color-corrected. Whereas in the cited DE 32 02 075 of the applicant a correction / adjustment of the entire optical system took place, now each single optical element (6a) is, on the contrary, corrected individually in the familiar manner for the various depiction errors. This insures that the image quality for the observer will not be impaired, especially during any decentralization of either optical element for focusing.

The secondary observer focuses, in the represented application example, by moving the second lens group (6a) along the optical axis of the corresponding stereoscopic light ray path. Both lens groups in the stereoscopic partial ray paths will thereby naturally be moved/shifted synchronically with each other.

In principle, focusing can also alternatively be effected through a defined/specified movement of the first lens group (5a).

[page 5]

The first lens group (5a) of the invention's optical system in the secondary observer's observation tube (1) delivers in each case an intermediate image in both stereoscopic observation beam paths. Thereby the desired focal plane (20) of the primary lens (3) is shown in the intermediate image plane (7). Planes above and below the desired focal plane (20) of the primary lens (3), however, are shown in front of or behind the intermediate image plane (7) with the corresponding lateral shift.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



In focusing on the intermediate image plane (7) by moving the second lens group (6a), the lateral shift of the intermediate images already described above is compensated by a lateral shifting of the second lens group (6a) synchronized with the axial shift movement. A favorable form of application of a suitable movement mechanism is described using Fig. 3.

Situated in the secondary observer's observation tube (1), furthermore, is a --- schematically represented -- diverting element (8) that diverts the rays coming from the object in the direction of the eye-piece tubes (1.1). For this, a five-sided prism with a roof-edge is considered advantageous.

The operation microscope further comprises a lighting mechanism (9) with light source, optical components and suitable diverting elements, each which in Fig. 1 is indicated only schematically.

In Figure 2, the invention's optical system, with the optical elements and ray paths, is represented in two different focus settings; here, identical numberings are used for the same components as in Fig. 1.

The invention's optical system comprises the primary lens (3) used jointly by both stereoscopic partial ray paths [page 6] as well as the secondary pairs of lens groups (5a, 5b; 6a, 6b) in the stereoscopic light ray paths. The ray paths are not reproduced true to scale here, i.e., between the primary lens (3) and the subsidiary pairs of lens groups (5a, 5b; 6a, 6b) there are normally [still] other diverting elements, etc. which, however, were not represented for reasons of clarity.

As indicated by the two arrows accompanying the second lens group (6a, 6b), a defined choice/selection of focal length of the invention's optical system is possible by moving either of these second lens groups (6a, 6b) along the optical axes (10a, 10b) of the stereoscopic partial ray paths.

Furthermore, in Figure 2, the observation ray path is represented with a solid line for the case in which the co-observer focuses on the plane (20) also viewed by the main observer, as well as the ray path --- represented by the dashed lines --- for the case when one focuses on a plane (30) which lies above the primary observer's focal plane (20). Corresponding to the ray paths represented by dashed lines, for the secondary observer there is a resulting divergence of the intermediate images in the intermediate image plane (7) in the stereoscopic observation ray paths to the outside, i.e., away from each other.

In the represented application example, focusing is achieved with the help of the moveable second lens group (6a, 6b) in the stereoscopic partial ray paths.

The described outward divergence of the intermediate image for the secondary observer is now compensated by the invention, in that that lens group which is being used to focus, --- i.e., the second lens group (6a, 6b) in the represented example --- is shifted laterally synchronically by a defined amount by moving it along the optical axis (10a, 10b). This shifting is effected with the invention [page 7] through rotation of this lens group (6a, 6b) about an axis which is oriented parallel to the optical axis (10a, 10b) of the stereoscopic partial ray path. The orientation of this axis is represented in the following Figure 3.

There, a suitable adjustment device, or rather the principle mechanical-structural set-up of an advantageous form of application, is schematically represented.

The two lens groups (6a, 6b; for focusing are here set in rectangular lens mountings (11a, 11b) which are moveable to certain settings along guide rods (12a, 12b) along the optical axes (10a, 10b). Furthermore, the lens mountings (12a, 12b) and therefore also the lens groups (6a, 6b) are each set to turn about the guide rods (12a, 12b), which is indicated by the corresponding arrows in Figure 3. The axes of rotation around which the lens mounts ((11a, 11b) and/or the lens groups (6a, 6b) can be turned, and which coincide with the guide rods' longitudinal axes, are here oriented parallel to the optical axes (10a, 10b) of the stereoscopic partial ray paths.

Furthermore, the shifting device naturally includes a suitable operational element [control knob] --- not represented --- with which the observer undertakes the desired focusing. Alternatively, it is also possible to bring about motorized focusing using a suitable stepping motor.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Between the lens mounts (11a, 11b), there is also a wedge (13) set in the housing of the co-observer tube. The lens mounts (11a, 11b) are held together with the help of a tensioned spring (14) in such a way that the lens mounts (11a, 11b) are always in contact with the wedge (13) situated between them. Instead of the spring (14) shown, another suitable elastic element can also be installed in this place anytime.

[page 8]

If the lens mounts (11a, 11b) or the corresponding lens groups (6a, 6b) are now moved along the optical axis (10a, 10b) in a direction for focusing, then through this represented shifting device a corresponding lateral shifting of the lens groups (6a, 6b) relative to the optical axis (10a, 10b) also results, thus bringing about the required compensation of the lateral movement of the intermediate image for the co-observer.

The shifting mechanism shown in Figure 3 thereby guarantees a simple mechanical solution to the problem mentioned. Through an appropriate geometric dimensioning of the wedge (13) and/or of the lens mounts (11a, 11b), a defined relation between the resulting lateral shift of the lens groups (6a, 6b) can be easily set by a certain shift-distance [amount of shift] along the optical axis (10a, 10b).

Figure 4 shows a partial representation of a favorable form of application of the optical system in the co-observer's tube with the indications [numberings] used in the following Table 1 for the corresponding radii and distances.

Following after the jointly used primary lens (43) and the prism (44) is the invention's optical system in the co-observer's viewing tube. The prism (44) is here shown as a compound prism with a fully reflecting surface facing the co-observer, as is familiar from e.g. EP 0 363 762 of the applicant.

In the representation of Figure 4, once again, only the left stereoscopic partial ray path is visible, as well as the optical components situated therein.

The invention's optical system comprises a first collecting optical element (45a) which is shown as a doublet. Following after the first doublet in the demonstration shown is a field lens (49). The intermediate image plane already referred to above is indicated with the number (47). Following from the point of observation [page 9] is situated the second collecting optical element (46a), also shown as a two-part doublet. Further along the course of the stereoscopic partial ray path, there follows a diverting element, shown as a five-sided prism with roof-edge, as well as the two lenses (41.2a, 41.2b) of the Galileo-Converter [Alternator], i.e., elements of the magnification altering device.

As indicated earlier, it is possible to move in defined increments the second lens group (46a) in the stereoscopic partial ray paths along the optical axis (40), whereby a lateral shift is achieved that is synchronized with the axial shifting movement. Moreover, all doublets (45a, 45b) in the two stereoscopic partial ray paths of the invention's optical system are designed as achromatics, each of which are separately optimized or corrected regarding imaging errors.

The optical data of a possible form of application of the invention's optical system are cited in the following Table 1. In Table 1, the respective curvature radii of the lenses are indicated with  $r_i$ , the distance between the optically effective surfaces with  $d_i$ , and the free diameters with  $D_f$ .

The indications/numberings used in Table 1 correspond here to those in Figure 4.

In Table 1 are also given the respective glass types of the demonstration example given above, whereby the glass types refer to the given trade names of the firm *Schott Glassworks, Mainz*.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**TABLE 1**

Radius $r_i$ / mm	Thickness / Distance $d_i$ / mm	Free Diameter $D_F$ / mm	Medium
$r_1 = 40.679$		11.000	
	$d_2 = 3.000$		BK7
$r_2 = 28.184$		11.000	
	$d_3 = 2.500$		SF5
$r_3 = 80.584$		11.000	
	$d_4 = 55.800$		Air
$r_4 = \text{level}$		16.000	
	$d_5 = 2.700$		BK7
$r_5 = 64.938$		16.000	
	$d_6 = 63.900$		Air
$r_6 = 83.536$		18.000	
	$d_7 = 3.000$		SF2
$r_7 = 26.607$		18.000	
	$d_8 = 5.000$		BK7
$r_8 = 38.681$		18.000	

The second optical element ((46a) is designed as moveable within a range of  $\pm 1.8$  mm along the optical axis in order to enable the aforementioned focusing independently of the primary observer. Moreover, a lateral shift movement is synchronized with the linear movement effected, as described above.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[page 11]

Claims:

1. Optical system of variable focal length, especially [suited] for operation microscopes, with a primary lens of fixed focal width and at least two groups of lenses for variable setting of focal length and width placed behind in the stereoscopic ray paths, moveable along the optical axis; whereby by moving at least one of the two groups of lenses in the stereoscopic partial ray paths along the optical axis, a synchronized shifting vertical to the optical axis occurs simultaneously; with the characteristic, that the two groups of lenses (5a, 5b; 6a, 6b) in the stereoscopic partial ray paths are each designed as achromatics, each of which are separately corrected for imaging errors.
2. Optical system according to Claim 1, with the characteristic, that the lens group (6a, 6b), adjustable vertically to the respective optical axis (10a, 10b), is designed to rotate in each case about an axis (12a, 12b) which is oriented parallel to the respective optical axis (10a, 10b) of the stereoscopic partial ray path.
3. Optical system according to Claim 1, with the characteristic, that the first lens group (5a, 5b) following the primary lens is designed as fixed in the stereoscopic partial ray path, whereas the second lens group (6a, 6b) is designed as moveable along the optical axis (10a, 10b) and able to be shifted vertically to this.
4. Optical system according to Claim 1 or 2, with the characteristic, that via the first lens group (5a, 5b), focusing of the viewed image is achieved in an intermediate image plane (7) with defined setting, lying between the first and the second lens groups (5a, 5b; 6a, 6b).

[page 12]

5. Optical system according to Claim 2, with the characteristic, that, through movement along the relevant optical axis (10a, 10b), the lens groups (5a, 5b; 6a, 6b) are designed as synchronically opposed to each other and can be rotated about the axes (12a, 12b) which are oriented parallel to the respective optical axis (10a, 10b) of the stereoscopic partial ray path.
6. Optical system according to Claim 1 or 2, with the characteristic that the second lens groups (6a, 6b) are set in lens mounts (11a, 11b), and that between the lens mounts (11a, 11b) in the two stereoscopic partial ray paths a wedge (13) is situated that is constantly in contact with both lens mounts (11a, 11b).
7. Optical system according to Claim 6, with the characteristic that the constant contact between the lens mounts (11a, 11b) and the wedge (13) is ensured by an elastic tensioned element affixed between the lens mounts (11a, 11b).
8. Optical system according to at least one of the previous claims, characterized by the arrangement in the co-observer tube (1) of an operation microscope.
9. Optical system according to Claim 8, with the characteristic that a five-sided prism with roof-edge is located in the co-observer tube as a diverting element (8).
10. Optical system according to Claim 1, characterized by the optical data listed in the following Table 1:

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**TABLE 1**

Radius $r_i$ / mm	Thickness / Distance $d_i$ / mm	Free Diameter $D_F$ / mm	Medium
$r_1 = 40.679$		11.000	
	$d_2 = 3.000$		BK7
$r_2 = 28.184$		11.000	
	$d_3 = 2.500$		SF5
$r_3 = 80.584$		11.000	
	$d_4 = 55.800$		Air
$r_4 = \text{level}$		16.000	
	$d_5 = 2.700$		BK7
$r_5 = 64.938$		16.000	
	$d_6 = 63.900$		Air
$r_6 = 83.536$		18.000	
	$d_7 = 3.000$		SF2
$r_7 = 26.607$		18.000	
	$d_8 = 5.000$		BK7
$r_8 = 38.681$		18.000	

in which the relevant curvature radii of the individual optical components are indicated with  $r_i$ , next to which the respective free diameters  $d_F$  are listed; the distances between the optically effective surfaces are indicated with  $d_i$ , and the second optical element (46a) is designed to be moveable within a defined range along the optical axis (40).

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**